

И. В. Соловьев*, А. Ю. Жилияков, О. Ю. Корниенко

Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

*igor.solovyev@at.urfu.ru

Научный руководитель — доц., канд. техн. наук С. В. Беликов

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ РОСТА УПРОЧНЯЮЩИХ ФАЗ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Методами компьютерного моделирования с использованием программного комплекса Thermo — Calc проведено исследование роста упрочняющих фаз.

Ключевые слова: упрочняющие фазы, параметры фаз, моделирование, низкоуглеродистая сталь, Thermo — Calc.

I. V. Solovyev, A. Yu. Zhilyakov, O. Yu. Kornienko,

RESEARCH OF KINETICS OF GROWTH IN THE HARDENING PHASES OF LOW-CARBON STEEL BY COMPUTER MODELING

Computer simulation methods using the Thermo — Calc software package have investigated the growth of hardening phases.

Key words: hardening phases, phase parameters, low carbon steel, Thermo — Calc.

Исследование процессов изменения фазового состава, протекающих в металлах и сплавах при тепловом воздействии, позволяет оценить компьютерное моделирование, которое является хорошим инструментом подбора наиболее оптимального режима термической обработки.

В качестве материала исследования была выбрана сталь 26ХН3М2ФА, химический состав которой представлен в табл. 1. При осуществлении расчетов использовалось программа Thermo — Calc.

Таблица 1

Химический состав стали 26ХН3М2ФА

Марка стали	C	Si	Mn	Cr	Ni	V	Mo
26ХН3М2ФА	0,25– 0,30	≤0,040	0,30– 0,60	1,30– 1,70	3,40– 3,80	0,12– 0,18	0,50– 0,70

Результаты расчетов кинетики выделений избыточных фаз в стали 26ХН3М2ФА при температуре 600 °С в течение 100 ч показали, что за рассматриваемое время выдержки не происходит существенного изменения химического состава матрицы. За 100 ч при 600 °С наблюдается (рис. 1) незначительное снижение содержания углерода в матрице с 0,29 до 0,24 %, содержание молибдена снижается с 0,4 до 0,11 %, содержание ванадия изменяется с 0,1 до 0,03 %, содержание хрома и никеля в матрице — без заметных изменений.

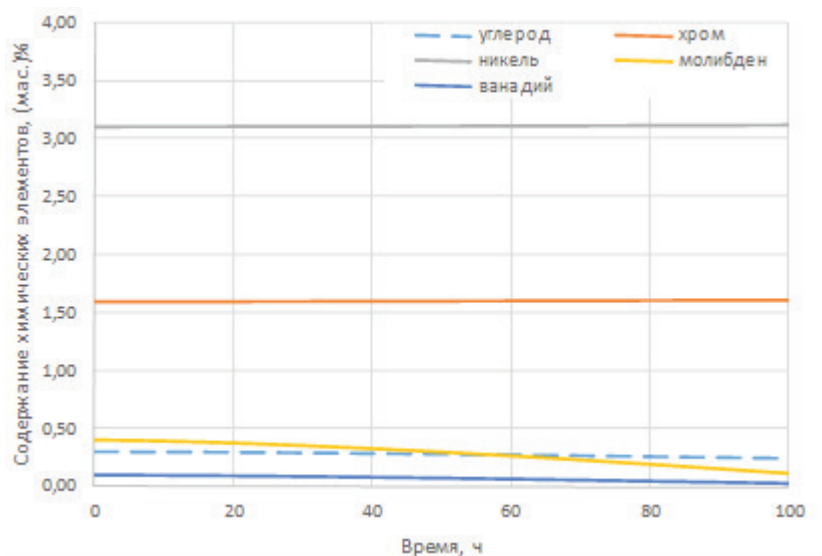


Рис. 1. Изменение содержания легирующих элементов в ферритной матрице при изотермической выдержке в течение 100 ч при температуре 600 °С

Полученные концентрационные кривые содержания избыточных фаз (рис. 1) показывают, что диффузионные процессы выделения не протекают полностью при данных температуре и времени выдержки: величина значений содержания фаз в стали увеличивается со временем, а ход кривых не указывает на переход к процессу «насыщения».

Кинетические кривые размера выделений избыточных фаз (рис. 2) имеют параболический вид. Согласно проведенным расчетам, наибольшим размером обладают карбиды типа M_7C_3 и $M_{23}C_6$, их размеры после изотермической выдержки в течение 100 ч после 600 °С составляют величину от 70 до 85 нм, в то время как величина карбидов типа MC — (30...35) нм.

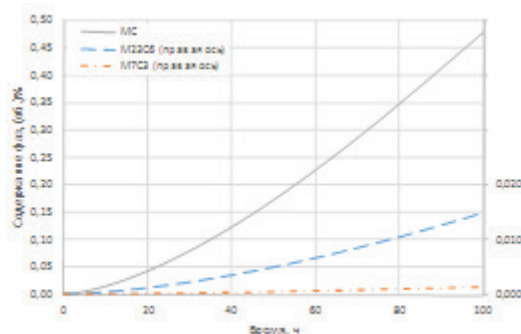


Рис. 2. Изменение содержания избыточных фаз в стали марки 26ХНЗМ2ФА при изотермической выдержке в течение 100 ч при температуре 600 °С

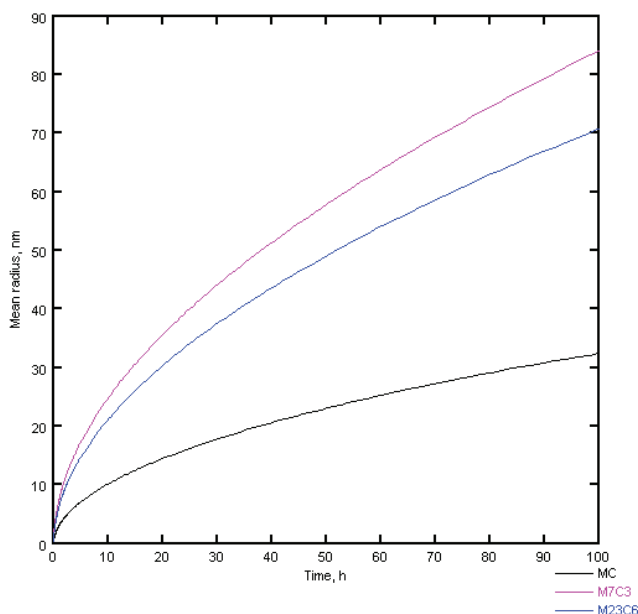


Рис. 3. Кинетика роста карбидов в ферритной матрице стали марки 26ХНЗМ2ФА при изотермической выдержке в течение 100 ч при температуре 600 °С

Расчет кинетики роста размеров карбидов MC, M_7C_3 и $M_{23}C_6$ в ферритной матрице показывает, что наименее склонной к коагуляции фазой являются карбиды ванадия и молибдена типа MC, за рассматриваемый временной интервал (100 ч) при температурах отпуска их средний размер 65 нм для карбидов типа VC и 35 нм для карбидов (Mo, V) C. Средние размеры карбидов типа $M_{23}C_6$ — не более 70 нм при 600 °С.